

# GÉP

## A GÉPIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET

műszaki, vállalkozási, befektetési, értékesítési, kutatás-fejlesztési, piaci információs folyóirata

### SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

Dr. Döbröczöni Ádám

**elnök**

Vesza József

**főszerkesztő**

Dr. Jármai Károly

Dr. Péter József

Dr. Szabó Szilárd

**főszerkesztő-helyettesek**

Dr. Barkóczi István

Bányai Zoltán

Dr. Beke János

Dr. Bercsey Tibor

Dr. Bukoveczky György

Dr. Czitán Gábor

Dr. Danyi József

Dr. Dudás Illés

Dr. Gáti József

Dr. Horváth Sándor

Dr. Illés Béla

Kármán Antal

Dr. Kulcsár Béla

Dr. Kalmár Ferenc

Dr. Orbán Ferenc

Dr. Pálkás István

Dr. Patkó Gyula

Dr. Péter László

Dr. Penninger Antal

Dr. Rittinger János

Dr. Szabó István

Dr. Szántó Jenő

Dr. Tímár Imre

Dr. Tóth László

Dr. Varga Emilné Dr. Szűcs Edit

A szerkesztésben közreműködött:

Dr. Jármai Károly

### KEDVES OLVASÓ!

A Gép folyóirat második számában folytatjuk a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt keretében az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával megvalósuló azon kutatásokat ismertetését, melyek a 4-es Kiválósági Központ keretében Innovációs Gépészeti Tervezés és Technológiák címmel folynak a Miskolci Egyetemen. A Kiválósági Központ a kutatás, a fejlesztés, az innováció és az oktatás szolgálatában áll. A központ célja a kutatási potenciál fejlesztése olyan kutatásokkal, amelyek innovatív modellezést, tervezést és technológiai folyamatokat valósítanak meg. Ez összhangban van az Európai Unió azon törekvéssel, amely az innováció serkentésére, a leg-hatékonyabb környezetbarát technológiák alkalmazására, fejlesztésére irányul.

A Kiválósági Központ hét tudományos műhelyre tagozódik, melyek egy-egy tanszék köré szerveződnek. Ezek a következők: Mechanikai Technológiai, Gépgyártástechnológiai, Áramlás- és Hőtechnikai Gépek, Vegyipari Gépek, Mechanikai, Gép- és Terméktervezési, valamint az Anyagmozgatási és Logisztikai Tanszék. Az itt dolgozó oktatók BSc, MSc és doktorandusz hallgatókat is bevonnak a kutatásokba, amelyek így jó lehetőséget biztosítanak arra, hogy a fiatalok megismerkedjenek a tudományos munkával. A háromnegyed éve működő központ programjához kapcsolódva nem egy hallgató nyújtott már kiemelkedő teljesítményt, illetve készített színvonalas TDK dolgozatot.

Felvetődik az, hogy hol jelennek meg az eredmények, az eddigi eredmények alkalmazása hol történhet? A Tudományos Műhelyeken belül működő húsz K+F téma nagyon szerteágazó. Néhány közülük az alapkutatásokhoz közelít, míg mások inkább a gyakorlatban alkalmazhatók, egyesek már most látványos eredményt hoztak, mások távlati eredményekkel kecsegtetnek. Annak érdekében, hogy ezeket az eredményeket a szakmai közönség is megismerhesse, a műhely kutatói jelentős számú publikációt készítettek el és jelentettek meg hazai és külföldi konferenciákon, hazai és külföldi szakmai folyóiratokban. Természetesen az oktatásba is beépítésre kerülnek az eredmények. Ez a cikkgyűjtemény is ezt a célt szolgálja, bemutatva a Kiválósági Központ Tudományos Műhelyeinek leg-újabb tudományos eredményeit.

*Prof. Dr. Jármai Károly*

egyetemi tanár, a Kiválósági Központ vezetője

A szerkesztésért felelős: Vesza József. A szerkesztőség címe: 3534 Miskolc, Szervezet utca 67.

Telefon/fax: +36-46/379-530, +36-30/9-450-270 • e-mail: mail@gepujsag.hu

Kiadja a Gépipari Tudományos Egyesület, 1027 Budapest, Fő u. 68. Levélcím: 1371 Bp. Pf.: 433.

Telefon: 202-0656, fax: 202-0252, e-mail: a.gaby@gteportal.eu, internet: www.gte.mtesz.hu

A GÉP folyóirat internetcíme: <http://www.gepujsag.hu>

Kereskedelmi és Hitelbank: 10200830-32310236-00000000

Felelős kiadó: Dr. Igaz Jenő ügyvezető igazgató.

Gazdász Nyomda Kft. 3534 Miskolc, Szervezet u. 67. Tel.: (46) 379-530, e-mail: gazdasz@chello.hu.

Előfizetésben terjeszti a Magyar Posta Rt. Hírlap Üzletága 1008 Budapest, Orczy tér 1.

Előfizethető valamennyi postán, kézbesítőknél, e-mailen: [hirlapelofizetes@posta.hu](mailto:hirlapelofizetes@posta.hu), faxon: 303-3440. További információ: 06 80/444-444

Egy szám ára: 1260 Ft. Dupla szám ára: 2520 Ft.

Külföldön terjeszti a Kultúra Könyv és Hírlap Külkereskedelmi Vállalat,  
H-1389 Budapest, Pf. 149. és a Magyar Média, H-1392 Budapest, Pf. 272.

Előfizethető még közvetlenül a szerkesztőségben is.

INDEX: 25 343

ISSN 0016-8572

**A megjelent cikkek lektoráltak.**

# TARTALOM

## 1. Kamondi L.

**Innovatív gépészeti termékfejlesztés..... 3**  
A műszaki termékek számos olyan alapfunkciókkal rendelkeznek, melyeket tervezési szempontból újra kell gondolni ahhoz, hogy a termék-megfelelőséget a kor pillanatnyi követelményeinek biztosítani tudják. A cikk a fejlesztési módszertannal és a funkció-megoldással foglalkozik, melyek lehetőséget nyújtanak az alkalmazásra és a fejlesztők orientálására.

## 14. Ecsedi I., Baksa A.

**Egy egydimenziós állandósult állapotú hővezetési feladat analitikus megoldása ..... 9**  
Egy egydimenziós, állandósult állapotú hővezetési feladat analitikus megoldását ismerteti a tanulmány. A vizsgálat tárgyát képező szerkezeti elem egyenes és körív középvonalú rudak láncszerű, elágazás mentes összekapcsolásával van kialakítva. Villamos ellenállás fűtés következtében beálló stationárius hővezetést vizsgálunk. A fajlagos ellenállás hőfok függésével is számol a tanulmány.

## 3. Daróczy L., Jármay K.

**Acélvázak szerkezetek tervezésének automatizálása topológiai optimalizálással ..... 13**  
Az új megközelítés alapötlete az, hogy a topológiai optimalizálás eredményét kizárólag az optimális topológia meghatározásához használjuk fel. A program automatikusan detektálja szerkezetet, és a végeredményt egy méretezési feladathoz használja fel bemenetként. Az alábbi megközelítés kifejezetten a nagyméretű acélvázak szerkezetekre fókuszál. A cikkben javasolt eljárás nem csak gyors és megbízható, de viszonylag egyszerűen implementálható, a 2D-s és 3D-s tesztek során gyorsnak is bizonyult.

## 4. Dül R., Palotás Á.B., Jármay K., Barkóczy P.

**Égési levegőt előmelegítő hőcserélő fejlesztése kandallóhoz ..... 19**  
A kutatás célja, hogy egy házi használatú, fatüzelésű, hegesztett acél szerkezetű kandalló hatásfokát növelik meg a kandalló kilépő füstcsonkjára helyezhető hőcserélő segítségével. Az általuk kifejlesztett berendezés feladata az, hogy a primer és szekunder égési levegőt is előmelegítve növeljük a kandalló hatásfokát. A fejlesztési folyamathoz áramlástan szimulációt (CFD) használtunk.

## 5. Farkas J., Jármay K.

**Csőszelvényű rácsos tartó térfogat- és költség minimalizálása elmozdulás-korlát esetén ..... 23**  
Az optimalizációs probléma a következő: megtalálni az optimális geometriát és a rudak keresztmetszeti területeit, amelyek minimalizálják a szerkezet térfogatát vagy költségét egy kéttámaszú rácsos csőszelvényű, nem-párhuzamos övek és szigorú lehajlási feltétel esetén.

## 6. Jármay K., Farkas J.

**Egyirányú nyomással terhelt cellalemez tervezése költségminimumra..... 29**  
A cellaszerkezetű lemezek két fedőlemezről és a közéjük hegesztett bordarácsból állnak. Kettévágott I-szelvényeket használunk merevítőül gyártási okokból. A cellák nagyon merevek csavarás szempontjából. Az egyirányú nyomás kihaj-

lási hatását a Huber-egyenlet megoldásából határozhatjuk meg. Két optimáló algoritmust alkalmaztunk, a Részcsoport módszerét és a Válaszfelületek módszerét.

## 7. Kota L.

**Genetikus programozás és tabu keresés összehasonlítása műszaki felügyeleti és karbantartó rendszerek optimalizációs feladatainál ..... 33**  
Ebben a cikkben bemutatásra kerül a már előzőleg publikált, a fix végpontú több körjáratos többszörös utazó ügynök probléma megoldására (mmTSP) kifejlesztett egyfázisú genetikus programozási algoritmus valamint a tabu keresés algoritmusának összehasonlítása. A cikk számos tesztproblémán keresztül mutatja be a genetikus programozási algoritmus előnyét a tabukereséshez képest

## 8. Kovács Gy.

**Kompozit szendvicsszerkezet optimális tervezése ..... 37**  
Egy új szerkezeti modell szerkezet-optimalizációs módszere került bemutatásra. A szerkezet laminált karbonszálerősítéses fedőlemezekből (CFRP) és különböző típusú polisztirol szigetelő rétegekből (EPS) ragasztással lett összeállítva. A tervezés során az ideális rétegszámú CFRP fedőlemezekből, valamint az ideális típusú és vastagságú EPS belső rétegből összeállított optimális szendvicsszerkezet került meghatározásra, mely szerkezet biztosítja a minimális költséget és minimális tömeget.

## 9. Virág Z., Jármay K.

**Bordázott lemezek fáradás vizsgálata különböző bordatípusokra..... 41**  
A cikkben az egyirányban nyomott bordázott lemezek vizsgálatát mutatják be különböző merevítők alkalmazásával költségszámítás mellett. A Nemzetközi Hegesztési Intézet ajánlásai alapján vizsgálják a nyomott lemezt. Az optimalizálásnál a merevítők száma ismeretlen. A trapézbordás merevítők bizonyultak a legjobbnak.

## 10. Mannheim V.

**Komplex modell bevezetése pop tartalmú hulladékok termikus ártalmatlanítási technológiáinak mérlegelésére ..... 45**  
Vannak „zöld kémia” módszerek és más kezelési módszerek a szerves ipari hulladék mennyiségének csökkentésére, de jelenleg termikus kezelési eljárás a legnépszerűbb alternatíva. Ez a cikk összefoglalja a termikus kezelési eljárásokat, összehasonlítja a különböző technológiákat, hangsúlyozva a befolyásoló tényezőket az alkalmazhatóság és működési megbízhatóság szempontjából.

## 11. Venczel G., Szepesi G., Siménfalvi Z.

**Hőátadási tényezők közvetett meghatározása duplikációs készülékek köpenyterében ..... 49**  
A hőátviteli folyamatok számítása során a hőátadási tényezők kritériális egyenletekből határozhatók meg, amennyiben a szükséges geometriai és műveleti adatok, valamint az anyag tulajdonsági jellemzők rendelkezésre állnak. A cikkben egy olyan számítási eljárást ismertetünk, amely segítségével a mért üzemi adatokból meghatározhatóak a hőátadási tényezők.

# BORDÁZOTT LEMEZEK FÁRADÁS VIZSGÁLATA KÜLÖNBÖZŐ BORDATÍPUSOKRA

## FATIGUE DESIGN OF STIFFENED PLATES FOR DIFFERENT SHAPES OF RIBS

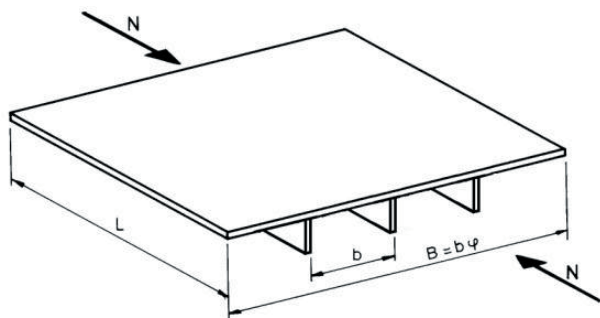
Dr. Virág Zoltán\*, Dr. Jármay Károly\*\*

### ABSTRACT

*In this overview of compressed stiffened plates with various shapes of ribs a special cost analysis has been investigated. Recommendations on fatigue of welded components of the IIW are investigated for the compressed plate. The unknown is the number of stiffeners in the optimization. The trapezoidal stiffeners had the best performance.*

### 1. BEVEZETÉS

Az elmúlt évtizedekben több olyan dolog megváltozott, mely a hegesztett szerkezetek kialakítására nagy hatással van. Új anyagok és új hegesztési technológiák jelennek meg, illetve terjednek el. Ezért fontos a szerkezetek költség optimalizálása a különböző lehetőségekre [1,2,3,4,5]. A tervezési előírások jelentősen finomodtak. Különösen igaz ez a dinamikus igénybevételre, a fáradásra. A különféle kutató intézetekben, egyetemeken, ipari laboratóriumokban nagyszámú fárasztó kísérletet végezve pontosabban megközelítették a szerkezet viselkedését. Javultak a fárasztó berendezések is, nagyobb ciklusszámú vizsgálatot téve lehetővé. Az új vizsgálati szempontok összekapcsolhatóak az általunk már régóta alkalmazott optimalizálással [6].



1. ábra. A hosszirányban terhelte bordás lemez

### 2. HEGESZTETT KÖTÉSEK FÁRADÁSÁT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK

A varratméretezésnél több tényezőt fontos figyelembe venni. Az alkalmazott alapanyag leggyakrabban acél; a legelterjedtebb hegesztési technológia az aktív védőgázos fúvóelektródás hegesztés, de a bevontelektródás kézi ívhegesztés, illetve a fedettívű (és több más) hegesztés is használatos. A hegesztési maradó feszültségek, melyek a bevitt hőtől, a szerkezet és a varrat méreteitől függenek; a kötés típusa, amely a méretezésnél a fáradási kategóriát megadja; a varrat geometria, amely még javítható hegesztési utókezeléssel; a hegesztési hibák, ezen tényezőket célszerű figyelembe venni. A feszültség-tartomány a fáradási élettartamot legjobban befolyásoló tényező; a ciklusszám szintén domináló tényező. A jelenlegi fáradási viselkedési leírások szerint csak  $N = 10^8$ , vagy  $10^9$  ciklusszám után lehet a  $\Delta\sigma - N$  görbénél a fáradási értéket változatlanul tekinteni; a feszültség-állapot, az esetek nagy részében nemcsak normál feszültség, de nyírófeszültség is adódik.

A fáradási viselkedés jelentősen változik, illetve változhat ezen tényezők változásával.

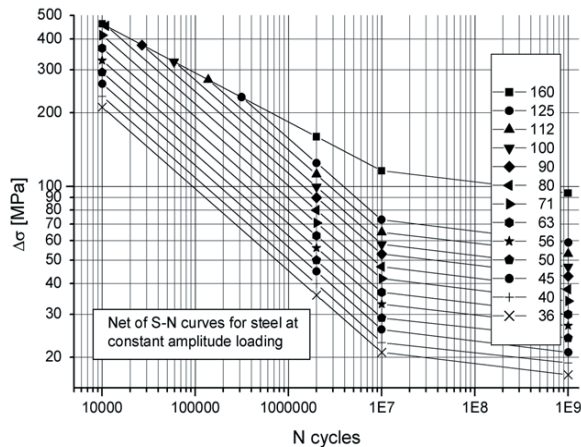
### 3. FÁRADÁSI TERVEZÉSI ELŐÍRÁSOK A NEMZETKÖZI HEGESZTÉSI INTÉZET AJÁNLÁSA ALAPJÁN

A széles körben elterjedt Eurocode 3 [7] szabvány mellett a Nemzetközi Hegesztési Intézet (International Institute of Welding) is dolgozott ki ajánlást hegesztett kapcsolatok fáradásának meghatározására [8]. Az ajánlás előnye, hogy felhasználja újabb kutatási eredményeket. 960 MPa folyáshatárig érvényes az Eurocode 690 MPa folyáshatárához képest. A fáradási határokat nemcsak acélra, hanem alumíniumra is

\* egyetemi adjunktus, Miskolci Egyetem Geotechnikai Berendezések Intézet Tanszék

\*\* egyetemi tanár, Miskolci Egyetem Anyagmozgatási és Logisztikai Tanszék

megadja. A fáradási határ  $10^9$  ciklusszám fölött válik állandóvá (2. ábra).



2. ábra. IIW ajánlás fáradási görbék normál feszültségre [8]

Ha  $N \leq 10^7$ , akkor

$$\log \Delta \sigma_N = \frac{1}{m} \log \frac{2 \cdot 10^6}{N} + \log \Delta \sigma_C$$

ahol  $m$  a görbe meredeksége állandó,  $m = 3$ ,  $\Delta \sigma_C$  a fáradási feszültség-tartomány  $N = 2 \cdot 10^6$  ciklusszám esetén, ez megegyezik a kötés csoportba sorolási számával (36-160 MPa közötti). Ez a vizsgált esetben (GMAW) 100 MPa.

Ha  $10^7 \leq N$ , akkor

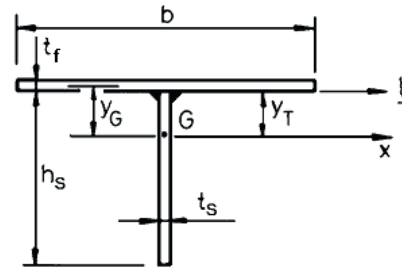
$$\log \Delta \sigma_N = \frac{1}{m} \log \frac{10^7}{N} + \log \Delta \sigma_D$$

ahol a görbe meredeksége kisebb,  $m = 5$ ,  $\Delta \sigma_D$  a fáradási feszültség-tartomány  $N = 10^7$  ciklusszám esetén (meghatározható  $\Delta \sigma_C$  értékéből).

#### 4. PÉLDÁK BORDÁZOTT LEMEZEK FÁRADÁSI VIZSGÁLATÁRÁRA

Megadott adatok: az egyoldalt bordázott lemez méretei  $B = 5000$  mm,  $L = 4000$  mm, a nyomóterhelés  $N = 1.2 \cdot 10^7$  [N], a folyáshatár  $f_y = 235$  MPa, a rugalmassági modulusok  $E = 2.1 \cdot 10^5$  MPa,  $G = E/2.6$ , a sűrűség  $\rho = 7.85 \cdot 10^{-6}$  kg/mm<sup>3</sup>, a bonyolultsági tényező  $\Theta_d = 3$ . A számított fáradási ciklusszámok:  $10^6$ ,  $10^7$ ,  $10^8$ . A vastagságokra konkrét értékeket adtunk meg, a fedőlemez vastagságra ( $t_f$ ) 40 mm, a borda vastagságra ( $t_s$ ) 20 mm. A bordaközök száma ( $\varphi$ ) 4 és 40 között változhat. A változó:  $\varphi$ .

A vizsgálatok CO<sub>2</sub> védőgázos hegesztésre (GMAW) lettek elvégezve.



3. ábra. A lemezborda geometriája

A lemezborda geometriai jellemzőit (3. ábra) a következőképpen írhatjuk le

$$A_s = h_s t_s$$

ahol a borda helyi horpadását figyelembe véve

$$h_s = 14 t_s \varepsilon, \text{ ahol } \varepsilon = \sqrt{235 / f_y}$$

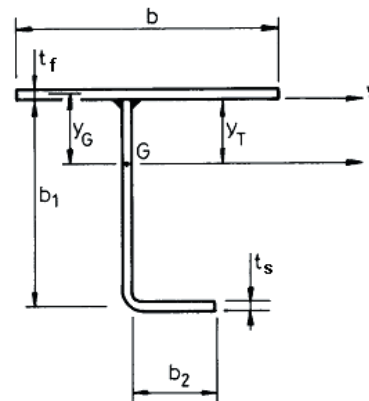
$$y_G = \frac{h_s + t_f}{2} \frac{\delta_s}{1 + \delta_s}, \text{ ahol } \delta_s = \frac{A_s}{b t_f}$$

Az ezekből kapott másodrendű nyomatékok

$$I_x = \frac{b t_f^3}{12} + b t_f y_G^2 + \frac{h_s^3 t_s}{12} + h_s t_s \left( \frac{h_s}{2} - y_G \right)^2$$

$$I_s = h_s^3 \frac{t_s}{3}$$

$$I_T = \frac{h_s t_s^3}{3}$$



4. ábra L bordás lemez geometriája

Az L borda geometriai jellemzőit (4. ábra) a következőképpen írhatjuk le

$$A_s = (b_1 + b_2) t_s$$

ahol a borda helyi horpadását figyelembe véve

$$b_1 = 30 t_s \varepsilon$$

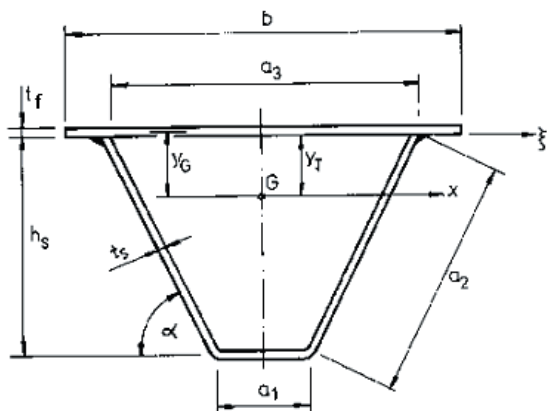
$$b_2 = 12.5 t_s \varepsilon$$

$$y_G = \frac{b_1 t_s \frac{b_1 + t_f}{2} + b_2 t_s \left( b_1 + \frac{t_f}{2} \right)}{b t_f + A_s}$$

$$I_x = \frac{b t_f^3}{12} + b t_f y_G^2 + \frac{b_1^3 t_s}{12} + b_1 t_s \left( \frac{b_1}{2} - y_G \right)^2 + b_2 t_s (b_1 - y_G)^2$$

$$I_s = \frac{b_1^3 t_s}{3} + b_1^2 b_2 t_s$$

$$I_T = \frac{b_1 t_s^3}{3} + \frac{b_2 t_s^3}{3}$$



5. ábra Trapéz bordás lemez geometriája

A trapézborda geometriai jellemzőit (5. ábra) a következőképpen írhatjuk le

$$A_s = (a_1 + 2a_2) t_s$$

Továbbá az  $a_1 = 90 \text{ mm}$ ,  $a_3 = 300 \text{ mm}$ , így

$$h_s = \sqrt{a_2^2 - 105^2}$$

$$\sin^2 \alpha = 1 - \left( \frac{105}{a_2} \right)^2$$

$$y_G = \frac{a_1 t_s (h_s + t_f / 2) + 2a_2 t_s (h_s + t_f) / 2}{b t_f + A_s}$$

$$I_x = \frac{b t_f^3}{12} + b t_f y_G^2 + a_1 t_s \left( h_s + \frac{t_f}{2} - y_G \right)^2 + \frac{1}{6} a_2^3 t_s \sin^2 \alpha + 2a_2 t_s \left( \frac{h_s + t_f}{2} - y_G \right)^2$$

$$I_s = a_1 h_s^2 t_s + \frac{2}{3} a_2^3 t_s \sin^2 \alpha$$

$$I_T = \frac{4A_p^2}{\sum b_i / t_i}, \text{ ahol } A_p = h_s \frac{a_1 + a_3}{2}$$

A fáradási feltétel az IIW ajánlás alapján lett számítva. A méretezés további feltételei a teljes bordázott lemez horpadása, a fedőlemez horpadása és a bordák elcsavarodó kihajlása Mikami módszerével [9] korábbi tanulmányokban már részletezve lettek [10].

Ez a célfüggvény az anyagfüggvény és az előállítási költség összegeként számolható

$$K = K_m + K_f = k_m \rho V + k_f \sum T_i$$

$$\frac{K}{k_m} = \rho V + \frac{k_f}{k_m} (T_1 + T_2 + T_3) \quad [kg]$$

ahol  $\rho$  az alapanyag sűrűség,  $V$  a szerkezet térfogata,  $K_m$  és  $K_f$  valamint  $k_m$  és  $k_f$  anyag és előállítási költségek és tényezők,  $T_i$  előállítási idők a következők szerint:

- összeszerelési és összefűzési idő

$$T_1 = \Theta_d \sqrt{\kappa \rho V}$$

ahol  $\Theta_d$  a hegesztett szerkezet bonyolultsági tényezője,  $\kappa$  a szerkezet összeszerelendő részeinek száma;

-  $T_2$  hegesztési idő, és  $T_3$  a járulékos idők, mint például elektróda csere.  $T_3 \approx 0.3T_2$

$$T_2 + T_3 = 1.3 \sum C_{2i} a_{wi}^n L_{wi}$$

ahol  $L_{wi}$  a varrathossz,  $C_{2i} a_{wi}^n$  értéke a COSTCOMP [11] software által rajzolt függvényből kapható meg hegesztési eljárásokra,  $a_w$  a varratméret (1. táblázat).

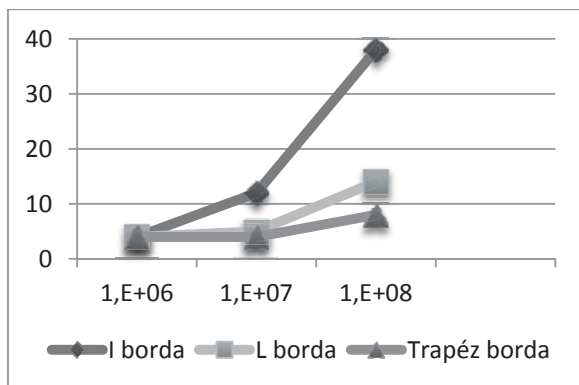
Hegesztési módszer	$a_w$ [mm]	$10^3 C_{2i} a_w^n$
GMAW-CO <sub>2</sub>	0-15	$0.3258 a_w^2$

1. táblázat. Hegesztési idő a varrat méret  $a_w$  [mm] függvényében hosszirányú sarokvarratra

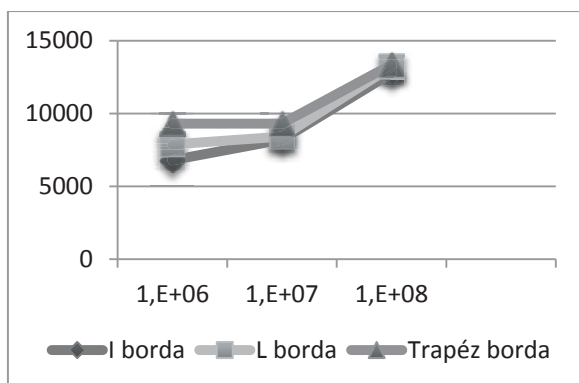
## 5. EREDMÉNYEK

Az eredmények három bordatípusra kerültek meghatározásra, lemez vagy I bordára, L bordára és trapéz bordára. A diagramok a  $10^6$ - $10^8$  fáradási ciklusszám esetén az IIW ajánlása alapján számított értékek alapján mutatják a bordák számának alakulását, illetve az anyagköltség és a gyártási költséggel növelt összköltség változását (6-8. ábra).

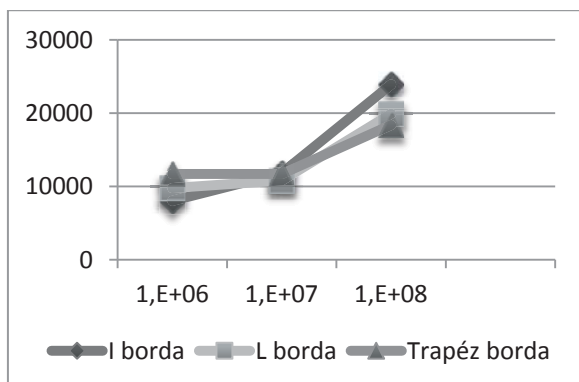




6. ábra Bordaszámok változása



7. ábra Anyagköltség változása



8. ábra Összköltség változása 1.5-ös gyártási költség szorzóval

Az eredmények megmutatják, hogy a fáradási ciklusszám nagy hatással van a bordák számára és ezáltal a különböző költségekre. Az eltérő bordatípusok alkalmazásával jelentős megtakarítás érhető el, ha a megfelelő számításokat elvégezzük. Megfigyelhető, hogy a gyengébb lemezborda csak a bordaszám jelentős növelésével tudja a megnövekedett fáradási ciklusszámot elviselni, ami a gyártási költségeket számottevően növeli. Ezért a kisebb a bordaszámú trapéz bordás lemez lesz a legolcsóbb összköltség

tekintetében a nagy ciklusszámmal, míg az alapanyag költség közel azonosnak mondható a három bordatípus esetén. Az így elért költségmegtakarítás teljes költség esetén lemez bordáról áttérve L bordára 16,7%, míg trapézbordára áttérve 23,1%.

## 6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A tanulmány/kutató munka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként - az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében - az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg. A kutatást az OTKA támogatta a T 75678 számú projekt keretében.

## 7. IRODALOM

- [1] JÁRMAI, K., IVÁNYI, M: Gazdaságos fém szerkezetek analízise és tervezése, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 226 o., ISBN 963 420 674 3, 2001.
- [2] Farkas,J., Jármái,K. (2003) *Economic design of metal structures*. Millpress, Rotterdam
- [3] Farkas,J., Jármái,K. (1997) *Analysis and optimum design of metal structures*. Balkema, Rotterdam-Brookfield
- [4] Farkas,J., Jármái,K. (2008) *Design and optimization of metal structures*. Horwood, Chichester, UK
- [5] VIRÁG, Z.: Optimum design of stiffened plates, Pollack Periodica, Vol. 1, No. 1, pp. 77-92, HU ISSN 1748-1994, 2006.
- [6] VIRÁG, Z., JÁRMAI, K.: Lemez bordás lemez fáradás vizsgálata és optimalása, GÉP, LXII. évfolyam, 2011/9-10. II. kötet 51-54. o., ISSN 0016-8572, 2011.
- [7] EUROCODE 3: MSZ ENV 1993-1-1:1992/A2:2002 Acélszerkezetek tervezése, 347 old. Magyar Szabványügyi Testület, Budapest, 2006.
- [8] Recommendations on fatigue of welded components of the IIW, Doc. IIW-1823-07, ex. XIII-2151r4-07/XV-1254r4-07, 2008.
- [9] MIKAMI, I., NIWA, K. Ultimate compressive strength of orthogonally stiffened steel plates. J. Structural Engineering ASCE 122, No.6. 674-682, 1996.
- [10] VIRÁG, Z.: Optimum design of stiffened plates for different loads and shapes of ribs, Journal of Computational and Applied Mechanics, Volume 5, Number 1, pp. 165-179, HU ISSN 1586-2070, 2004.
- [11] COSTCOMP Programm zur Berechnung der Schweisskosten. Deutscher Verlag für Schweisstechnik, Düsseldorf, 1990.